

BEZDRÁTOVÉ DATOVÉ PŘENOSY HSPA A LTE V ŘÍDÍCÍCH A INFORMAČNÍCH SYSTÉMECH

WIRELESS DATA TRANSMISSION HSPA AND LTE IN THE MANAGEMENT AND INFORMATION SYSTEMS

Miloslav Macháček¹

Anotace: Článek se zabývá vývojem a vlastnostmi UMTS sítí, vyhodnocením vlastností veřejných mobilních sítí T-Mobile, Telefónica a Vodafone na základě experimentálního měření a možností využití v řídicích a informačních systémech dopravy.

Klíčová slova: HSDPA, HSPA, HSUPA, LTE, UMTS, odezva, rychlost připojení, download, upload, výběrová směrodatná odchylka.

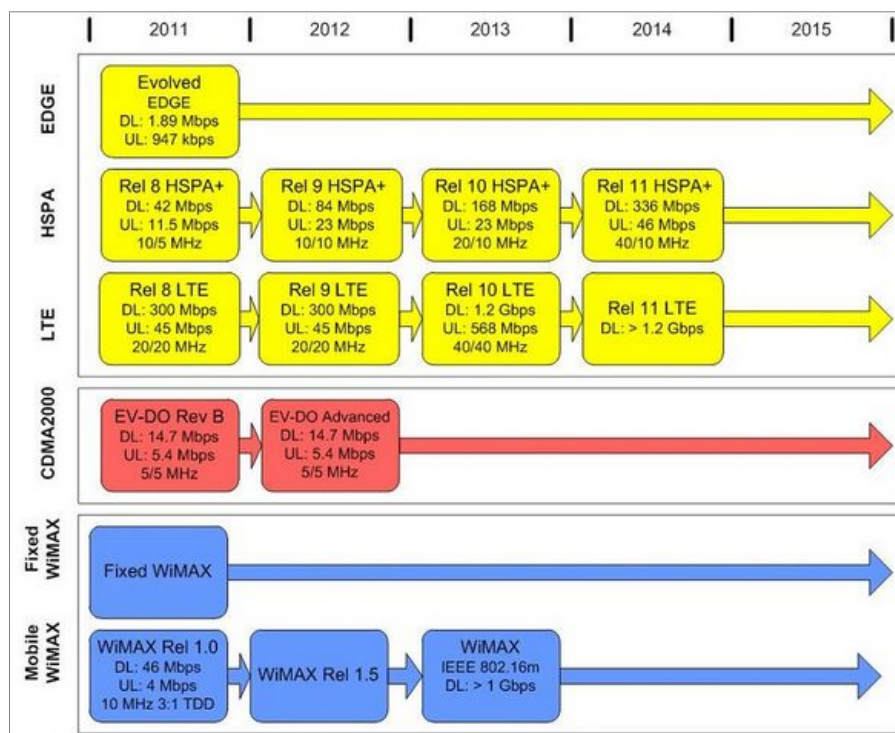
Summary: The article deals with the development and features of UMTS networks, evaluating the properties of public mobile networks T-Mobile, Telefónica and Vodafone on the basis of experimental measurements and the possibility of use in traffic control and information systems.

Key words: HSDPA, HSPA, HSUPA, LTE, UMTS, response, connection speed, download, upload, standard deviation.

ÚVOD

V posledních letech zaznamenáváme prudký nárůst rozvoje mobilních bezdrátových datových přenosů a jejich využití v řídicích a informačních systémech a dalších různých oblastech. Nejvíce bezdrátových datových přenosů zajišťují operátoři veřejných mobilních sítí T-Mobile, Telefónica a Vodafone. V současné době je využíváno několik různých technologií bezdrátových datových přenosů, na jejichž technologickém vrcholu jsou mobilní datové přenosy 3G a LTE. Na obrázku 1 je znázorněn vývoj a porovnání různých mobilních širokopásmových technologií.

¹ Ing. Miloslav Macháček, Ph.D., Univerzita Pardubice, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra informačních technologií, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Tel.: +420 466 036 137,
E-mail: miloslav.machacek@upce.cz



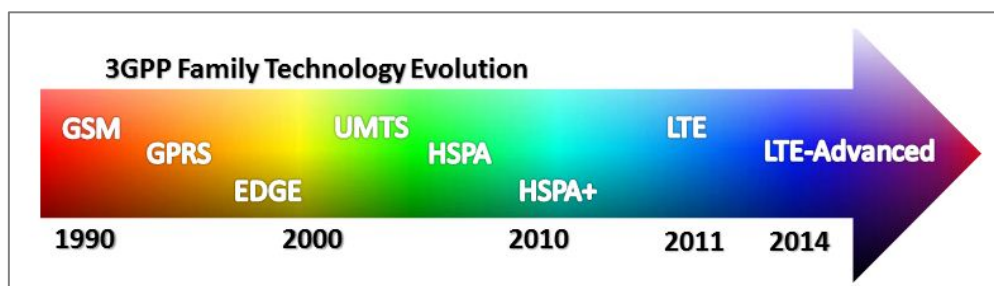
Zdroj: (<http://www.4gamericas.org>)

Obr. 1: Vývoj mobilních širokopásmových technologií

Tento článek se zabývá vlastnostmi UMTS sítí výše jmenovaných tří veřejných operátorů a jejich využitím v řídicích a informačních systémech.

1. VÝVOJ UMTS SÍTÍ

Sítě UMTS byly poprvé definovány standardizačním orgánem 3GPP v roce 1999. První UMTS standard se jmenuje UMTS Release 1999. Od roku 1999 byla schválena řada standardů 3GPP - Release 1 až 12. Tato technologie začíná být technicky zajímavá schválením Release 4. Na obrázku 2 je graficky znázorněn vývoj UMTS sítí.



Zdroj: (<http://www.4gamericas.org>)

Obr. 2: Vývoj UMTS sítí

- **Release 4**
Technologie WCDMA. Udávaná rychlost je přibližně 384 kb/s na downlinku.
- **Release 5**
Technologie HSDPA. Udávaná rychlost je přibližně 3,6 Mb/s na downlinku.

- **Release 6**

Technologie HSUPA. Někdy se používá označení HSPA, které značí, že daná síť nabízí HSUPA i HSDPA. Udávaná rychlost je přibližně 14 Mb/s na downlinku.

- **Release 7**

Technologie HSPA+. Udávaná rychlost je přibližně 28 - 40 Mb/s na downlinku.

- **Release 8/9**

Z pohledu marketingu se tyto sítě nazývají LTE (Long Term Evolution). Udávaná teoretická rychlost je přibližně až 300 Mbit/s na downlinku.

- **Release 10**

Release 10 obsahuje mnoho významných změn. Udávaná teoretická rychlost je přibližně 3 Gbit/s na downlinku. Tyto sítě se nazývají LTE – Advanced.

- **Release 11**

Uvolněn v září 2012

- **Release 12**

Uvolněn v lednu 2013

2. LTE A LTE – ADVANCED

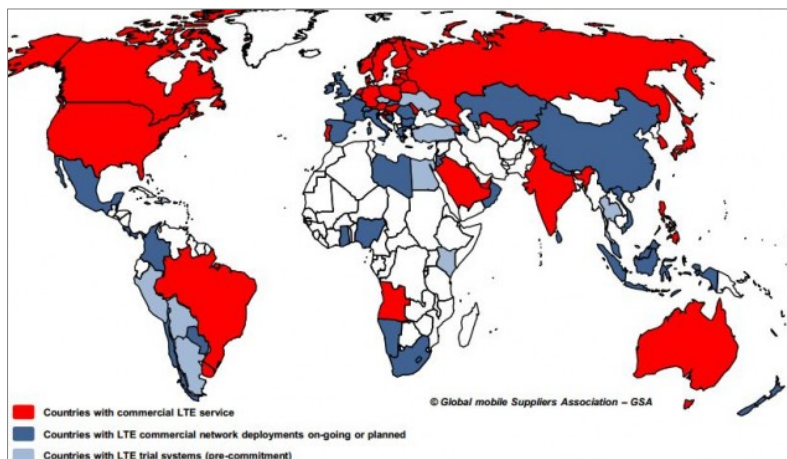
Technologie LTE byla v Evropě jako první komerčně spuštěna ve Švédsku a následně v dalších zemích. Ve Švédsku je zprovozněno více než 600 základnových stanic BTS s technologií LTE.

Na obrázku 3 je seznam evropských zemí a operátorů, kteří provozují LTE sítě včetně data jejich spuštění a na obrázku 4 je zobrazena mapa pokrytí technologií LTE ve světě.

Country	Operator	Launch
Norway	TeliaSonera	14.12.09
Sweden	TeliaSonera	14.12.09
Uzbekistan	MTS	28.07.10
Uzbekistan	UCell	09.08.10
Poland	Aero2/Mobyland/CenterNet (LTE TDD from 10.05.11)	07.09.10
Finland	DNA	13.12.11
Austria	A1 Telekom	05.11.10
Sweden	TeleNor Sweden	15.11.10
Sweden	Tele2 Sweden	15.11.10
Sweden	3 Sweden	23.04.12
Finland	TeliaSonera	30.11.10
Germany	Vodafone	01.12.10
Latvia	LMT	31.05.11
Finland	Elisa	08.12.10
Denmark	TeliaSonera	09.12.10
Estonia	EMT	17.12.10
Germany	O2	01.07.11
Germany	Deutsche Telekom	05.04.11
Austria	T-Mobile	28.07.11
Lithuania	Omnitel	28.04.11
Hungary	T Mobile	01.01.12
Denmark	TDC	10.10.11
Austria	3	18.11.11
Netherlands	Ziggo	03.05.12
Russia	Yota	15.01.12
Croatia	T Mobile/T-Hrvatski Telekom	23.03.12
Croatia	VIPNet	23.03.12

Zdroj: (<http://www.onbile.com>)

Obr. 3: LTE v evropských zemích



Zdroj: (<http://www.onbile.com>)

Obr. 4: LTE ve světě

LTE je často chybně označováno jako mobilní síť 4G, protože „základní“ LTE (Release 8/9) nesplňuje všechny požadavky, které ITU (Mezinárodní telekomunikační unie) klade na 4G. Až LTE – Advanced je možno správně označit jako 4G, protože je dosahováno rychlosti více než 100 Mbit/s za pohybu a 1 Gbit/s, pokud se uživatel nepohybuje. Z tohoto důvodu někteří operátoři nehovoří o LTE jako o technologii 4G.

Významnou vlastností LTE je skutečnost, že je využíváno pouze pro datové přenosy. O hlasových službách se zatím nehovoří.

Další velká neznámá je problematika koncových zařízení. LTE lze provozovat na různých frekvenčních pásmech. V USA se používají pásma 700 MHz a 2100 MHz. V České republice se počítá s pásmy 800 MHz, 1800 MHz a 2,6 GHz. Koncová zařízení nebudou vzájemně využitelná.

Technologie LTE podle vydání 10, která je označovaná jako LTE-Advanced, přináší vysoce flexibilní rádiové rozhraní. V řadě případů je nad požadavky IMT-Advanced. Významnou vlastností je zpětná kompatibilita s předchozími vydáními LTE. Teprve LTE vydání 10 je však skutečná technologie 4G. Operátor, který nabídne LTE-Advanced může oprávněně hovořit o mobilní síti 4G.

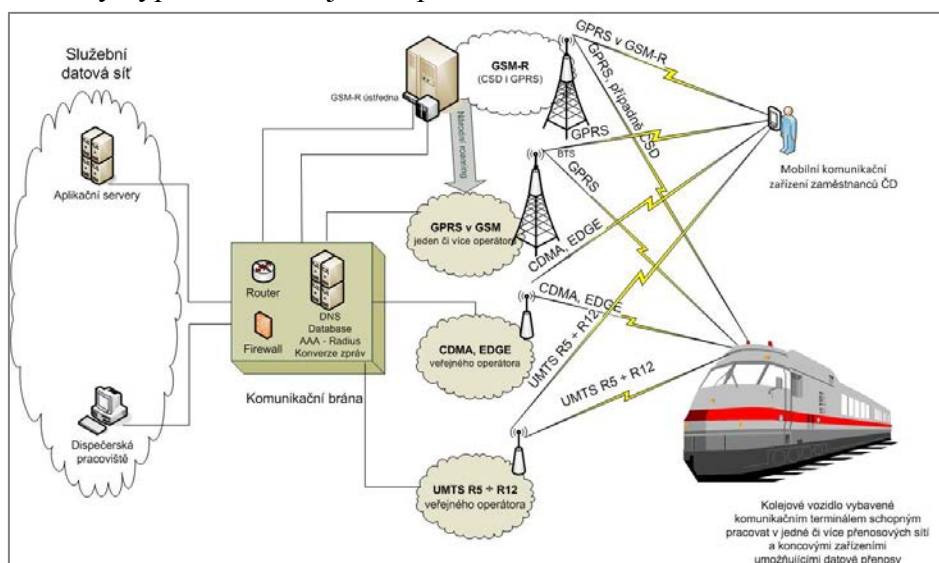
3. VYUŽITÍ UMTS SÍTÍ V ŘÍDÍCÍCH A INFORMAČNÍCH SYSTÉMECH

3.1 Železniční bezdrátová přenosová síť od ČD - telematika

V současné době je využíváno několik různých technologií bezdrátových datových přenosů. V prostředí železnic často vznikají požadavky na zajištění bezdrátových přenosů dat mezi stacionárními objekty a kolejovými vozidly. Potřeby informačních systémů pro bezdrátovou datovou komunikaci s kolejovými vozidly Český drah jsou v současnosti zajištěny integrovaným komunikačním prostředím, které je v prostředí Českých drah označeno jako ŽBPS (železniční bezdrátová přenosová síť). Jedná se o realizovaný koncept národního komunikačního řešení. ŽBPS lze chápat jako množinu přenosových sítí, komunikačních zařízení, rozhraní, protokolů a pravidel pro bezdrátovou komunikaci mezi

objekty na železnici v ČR. Pro bezdrátové datové přenosy je v současné době využívána síť GSM-R a jednotlivé přenosové sítě GSM veřejných operátorů.

V blízké budoucnosti bude ŽBPS s největší pravděpodobností využívat technologii UMTS a mohla by vypadat následujícím způsobem:



Zdroj: (Autor)

Obr. 5: Možné schéma ŽBPS

3.2 Palubní portál a připojení k internetu pro cestující ČD

Ve všech vlacích SC Pendolino a mnoha dalších vlacích lze využívat zdarma službu bezdrátového připojení k internetu pomocí technologie WiFi. Po spuštění internetového prohlížeče se automaticky zobrazí úvodní stránka palubního portálu. Je umožněno využívat vnitřní palubní portál nebo volný přístup na internet. Palubní portál pro informace i zábavu nabízí:

- Podrobné informace o jízdě vlaku (poloha vlaku na mapě, rychlost vlaku, čas zbývající do cílové stanice, aktuální počasí v jednotlivých stanicích, mimořádnosti na trati)
- Informace o přípojích v nácestných stanicích
- Zajímavosti na trase s tipy na volnočasové aktivity
- Služby na palubě
- Doplnkové služby
- Online kamery umístěné na obou stanovištích strojvedoucího
- Aktuální zpravodajství
- Hry
- Elektronické knihy

Připojení do internetu je realizováno pomocí nejlepších dostupných technologií. Jsou využívány technologie mobilních datových přenosů všech stávajících mobilních operátorů současně. Bohužel pokrytí kvalitním signálem mobilních operátorů není po celé trase dostatečné.

Pro umožnění přístupu k internetu a využívání této služby všem cestujícím v dostatečné kvalitě, je blokován přístup na webové stránky, které připojení k internetu výrazně vytěžují. Jedná se především o stránky pro aktualizaci operačních systémů a software a stránky, které poskytují streamování videa.

V případě pokrytí kvalitním signálem LTE a LTE-Advanced všechny tyto problémy nebudou existovat. V ČR je toto bohužel poměrně vzdálená budoucnost.

3.3 Řídicí a informační systémy v silniční dopravě

Nástroje pro řešení dopravní problematiky vidí experti v lepším využití systému infrastruktury, který je k dispozici. Tento cíl může být realizován pouze pomocí spolehlivých a sofistikovaných řídicích a informačních systémů. Zatímco řídicí systémy přímo působí na dopravní proud tím, že ho regulují zastavováním, změnou rychlosti nebo změnou směru, informační systémy poskytují informace a doporučení, která jsou k dispozici účastníkům silničního provozu.

Technologie UMTS bude dle stávajícího vývoje parametrů, pokrytí a dostupnosti HW v Evropě hlavním prostředkem sloužícím pro bezdrátové datové přenosy. V současné době se bezdrátové datové přenosy velmi často využívají pro řídicí systémy v dopravě a dopravní informační centra. Pro správnou funkci těchto systémů je nutné zajistit bezchybný a rychlý bezdrátový přenos dat. V následujícím odstavci jsou uvedeny příklady přenášených dat s využitím bezdrátových datových přenosů.

Měřená a přenášená data:

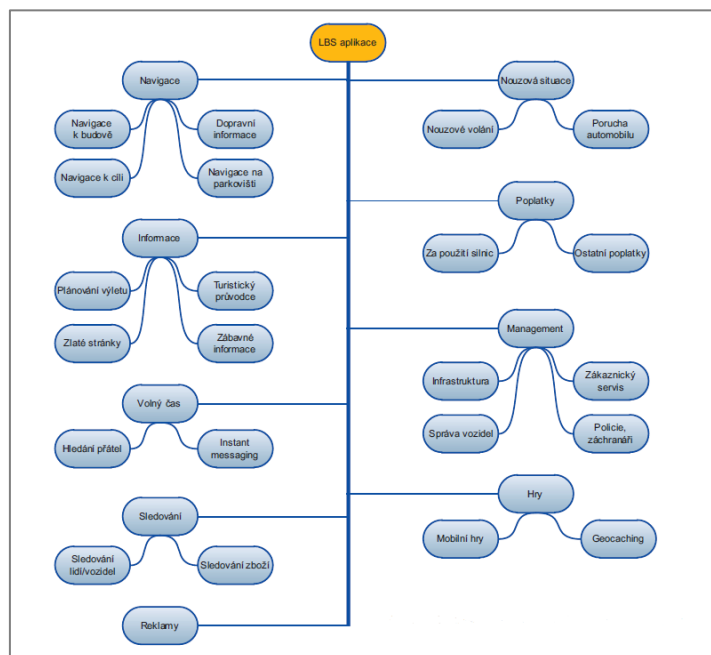
- Dopravní sčítače
 - - Intenzita
 - - Obsazenost
 - - Rychlost
 - - Kategorie vozidel
- Měřiče povětrnostních podmínek
 - - Námraza vč. predikce
 - - Množství a druh srážek
 - - Teplota vzduchu
- Liniové řízení dopravy
 - Liniové řízení dopravy využívá řady senzorů umístěných v pravidelných intervalech na pozemní komunikaci. Data jsou zpracovávána v lokálním řídicím systému a jsou využívána pro řízení dopravního proudu proměnnými značkami.
- Tunelové systémy
 - Tunelové systémy jsou vybaveny řadou dopravních a technologických senzorů. Kromě řízení dopravy se může jednat o informace koncentrací škodlivin, měření námrazy nebo informace o režimu tunelu.

3.4 Lokálně kontextové služby

Rozvoj mobilních technologií a stále častější používání mobilních komunikačních zařízení umožňuje rozvoj lokálně kontextových služeb. Lokálně kontextová služba (LBS – location based service) je taková služba, která umožní klientovi získat informace vztažené k

místu, kde se právě nachází. Jedná se například o informační služby, propagační služby, monitorovací služby, manažerské služby, informace o událostech, obchodech, službách atd. v bezprostředním okolí mobilního zařízení či místa, které je zadáno v dotazu. LBS poskytuje informace, které jsou dostupné mobilními komunikačními zařízeními s využitím mobilních bezdrátových datových přenosů. Souhrnný přehled LBS aplikací je na obrázku 6.

Využití UMTS sítí v této oblasti je naprosto zásadní. Nasazením technologie LTE a LTE-Advanced se LBS dostane do naprosto jiné kvalitativní úrovně.



Zdroj: (16)

Obr. 6: LBS aplikace

4. VEŘEJNÉ MOBILNÍ LTE SÍTĚ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

O pokrytí území ČR signálem LTE je v dnešní době lepší nehovořit. V současnosti jsme teprve na začátku, daleko za ostatními zeměmi EU. LTE bylo v ČR spuštěno 19. 6. 2012. Prvenství získala Telefónica ČR. Jedná se o pokrytí signálem LTE v Jesenicích u Prahy. V této lokalitě byly zprovozněny 4 základnové stanice (v případě LTE hovoříme o eNodeB) s využitím frekvenčního kanálu o šířce 10 MHz v pásmu 1800 MHz. Telefónica při spuštění dosáhla rychlosti 66 Mbit/s downloadu, 20 Mbit/s uploadu a odezvy 22 ms. Tyto údaje byly měřeny pomocí speedtest.net. V porovnání s 3G se jedná o velmi pěkné výsledky.

Druhé město, ve kterém funguje mobilní datová síť LTE je Mladá Boleslav. T-Mobile dne 15. 11. 2012 pokryl toto město signálem LTE. Pokrytí je zajištěno 19 vysílači umístěných v Mladé Boleslavi a Kosmonosech. Síť LTE v Mladé Boleslavi využívá pásmo o šířce 2x10 MHz v rámci frekvence 1 800 MHz. V reálném provozu dosahuje síť rychlosti až 47 Mbit/s downloadu, 19 Mbit/s uploadu a odezvy 33 ms. Tyto údaje byly měřeny začátkem roku 2013 pomocí speedtest.net.

Operátor Vodafone mobilní datovou síť LTE zatím nenabízí. V roce 2012 vydal následující prohlášení: “LTE plánujeme spustit a využít zahraničních zkušeností v rámci

skupiny Vodafone, kde je již komerčně v provozu. Uděláme to ale seriózně, ne jen jako marketingové pozlátko.“

5. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ SÍTĚ LTE (T-MOBILE)

Měření rychlostí přenosů dat v prostředí veřejných mobilních sítí LTE se nepodařilo zrealizovat. Poměrně dobré měření rychlostí LTE (T-Mobile v Mladé Boleslavi) provedl pan Martin Pultzner a Jan Pospíšil v lednu 2013 [<http://mobilenet.cz/clanky/vyzkouseli-jsme-lte-v-mlade-boleslavi---opravdovy-datan-fofric-11089>]. Bylo provedeno 25 měření v různých částech města s různě silným signálem. Rychlost připojení byla měřena pomocí severu Speedtest.net. Průměrné hodnoty naměřených hodnot jsou následující: 33,81 Mb/s download, 14,21 Mb/s upload a 33,4 ms latence. Vzhledem ke stávajícím rychlostem mobilních bezdrátových datových přenosů v ČR se jedná je velice slušné výsledky. Velkým problémem zůstává pokrytí signálem a FUP. Věřím, že situace se po dokončení aukce volných kmitočtů zcela jistě zlepší a v dohledné době bude možno provést měření LTE i v Pardubicích.

6. EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ SÍTÍ 3G (T-MOBILE, TELEFÓNICA A VODAFONE)

Pro porovnání rychlostí LTE se stávajícími sítěmi 3G bylo provedeno měření rychlostí přenosů dat (download/upload) a latencí (časových odezev) připojení v prostředí veřejných mobilních sítí 3G (T-Mobile, Telefonica a Vodafone) v polovině ledna 2013 v dopoledních hodinách v centru Pardubic. Všechna měření proběhla podle jednotné metodiky. Pro měření byly použity modemy, které běžně operátoři nabízí zákazníkům.

Měřené hodnoty byly zaznamenávány vždy v ustáleném stavu po zahájení měření. Naměřené hodnoty byly vyhodnoceny pomocí metody dílčích průměrů a střední kvadratické odchylky na množině 45 hodnot/ukazatel u každého operátora.

Množina naměřených hodnot N byla rozdělena do r skupin (intervalů) obsahujících n naměřených hodnot. Pro výpočet průměrné hodnoty \bar{x} byla použita metoda dílčích průměrů dle následujícího vztahu (1):

$$\bar{x} = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \bar{x}_k = \frac{1}{r} \sum_{k=1}^r \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \right)_k \quad (1)$$

kde:

$$k \in \langle 1, 2, \dots, r \rangle$$

$$j \in \langle 1, 2, \dots, n \rangle$$

$$\langle 1, 2, \dots, n \rangle \subset \langle 1, 2, \dots, N \rangle$$

přičemž platí (2):

$$N = r \cdot n \quad (2)$$

Pro střední kvadratickou odchylku byl použit vztah (3):

$$s = \sqrt{\frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r (\bar{x}_k - \bar{\bar{x}})^2} \quad (3)$$

Vlastnosti datových přenosů jednotlivých veřejných mobilních sítí 3G v Pardubicích jsou zřejmé z hodnot uvedených v následujících tabulkách a grafech.

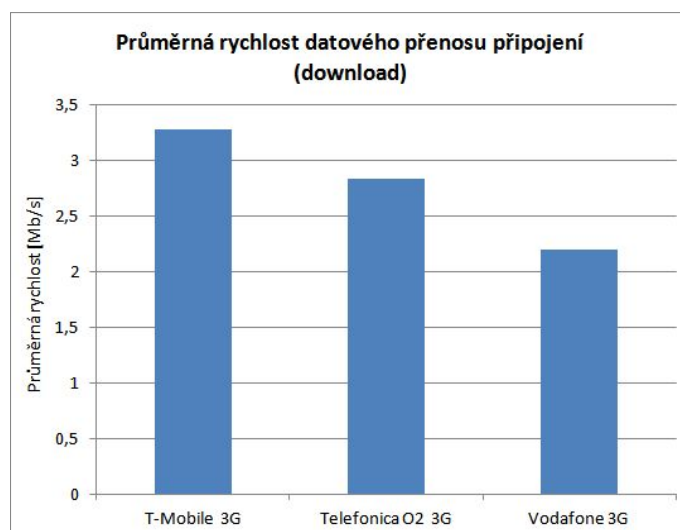
6.1 Měření rychlosti přenosů dat (download)

V následující tabulce a grafech jsou uvedeny dílčí průměry naměřených hodnot rychlostí datových přenosů (Mb/s) v prostředí veřejných mobilních sítí 3G, jejich průměr a střední kvadratická odchylka.

Rychlost datového přenosu připojení (download) [Mb/s]											
Měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Průměr	Odchylka
T-Mobile 3G	3,3	3,35	3,28	3,35	3,21	3,28	3,3	3,25	3,21	3,28	0,05
Telefonica O2 3G	2,95	2,8	2,7	2,65	2,8	2,85	3	2,95	2,8	2,83	0,12
Vodafone 3G	2,11	2,12	2,23	2,16	2,35	2,3	2,25	2,1	2,18	2,2	0,09

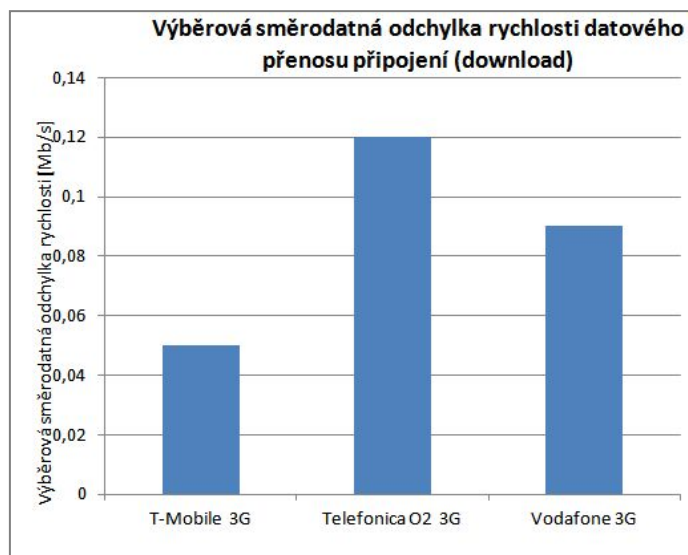
Zdroj: (Autor)

Obr. 7: Rychlost datového přenosu připojení



Zdroj: (Autor)

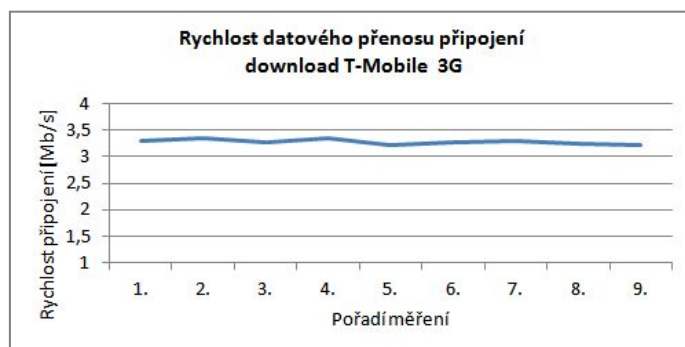
Obr. 8: Průměrná rychlost připojení



Zdroj: (Autor)

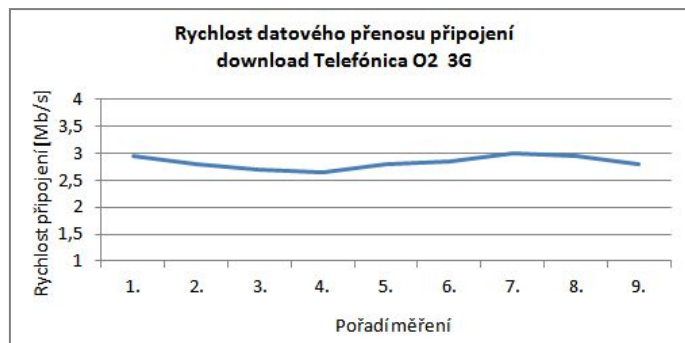
Obr. 9: Výběrová směrodatná odchylka rychlosti

Na následujících třech grafech je názorně vidět kolísání naměřených hodnot (dílkých průměrů) rychlostí datových přenosů v sítích jednotlivých operátorů.



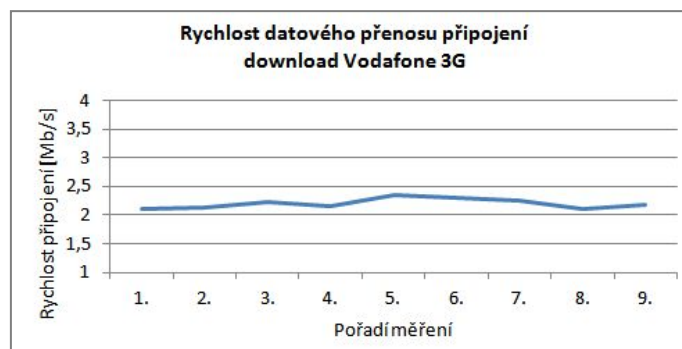
Zdroj: (Autor)

Obr. 10: Rychlost připojení T-Mobile 3G



Zdroj: (Autor)

Obr. 11: Rychlost připojení Telefonica O2 3G



Zdroj: (Autor)

Obr. 12: Rychlost připojení Vodafone 3G

Experimentální měření v centru Pardubic ukázalo, že průměrná rychlost datového přenosu (download) se v sítích jednotlivých operátorů pohybuje v rozmezí 2,2 ÷ 3,28 Mb/s. Výběrová směrodatná odchylka rychlosti se pohybuje v rozmezí 0,05 ÷ 0,12 Mb/s.

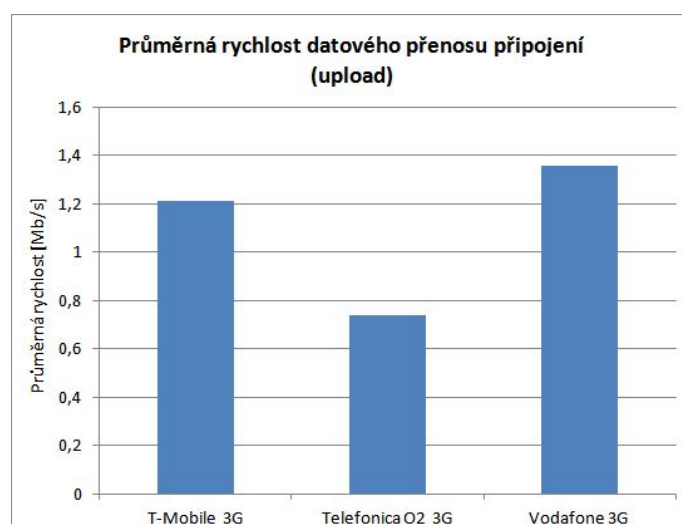
6.2 Měření rychlosti přenosů dat (upload)

V následující tabulce a grafech jsou uvedeny dílčí průměry naměřených hodnot rychlostí datových přenosů (Mb/s) v prostředí veřejných mobilních sítí 3G, jejich průměr a střední kvadratická odchylka.

Rychlost datového přenosu připojení (upload) [Mb/s]											
Měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Průměr	Odchylka
T-Mobile 3G	1,15	1,22	1,15	1,19	1,25	1,23	1,18	1,23	1,26	1,21	0,04
Telefonica O2 3G	0,52	0,94	0,96	0,78	0,55	0,91	0,55	0,62	0,82	0,74	0,18
Vodafone 3G	1,32	1,55	1,4	1,34	1,24	1,2	1,25	1,4	1,5	1,36	0,12

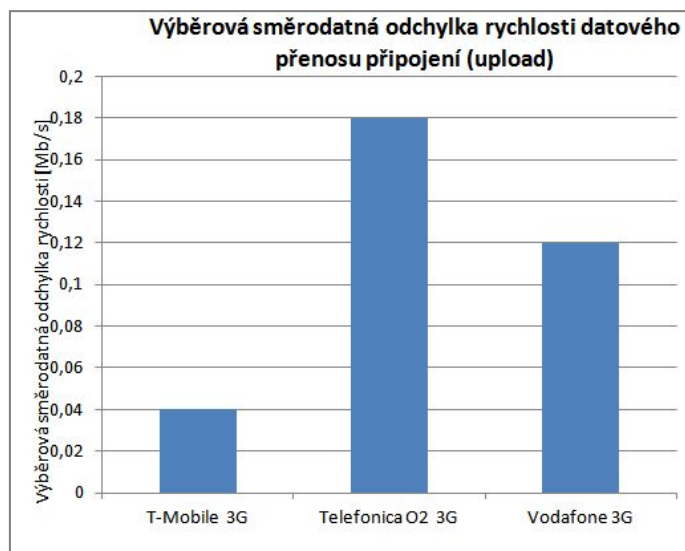
Zdroj: (Autor)

Obr. 13: Rychlost datového přenosu připojení



Zdroj: (Autor)

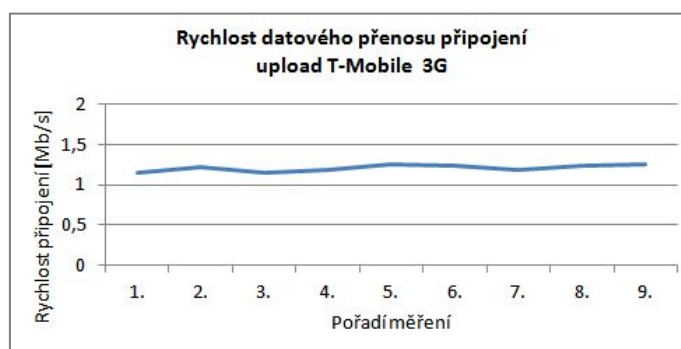
Obr. 14: Průměrná rychlost připojení



Zdroj: (Autor)

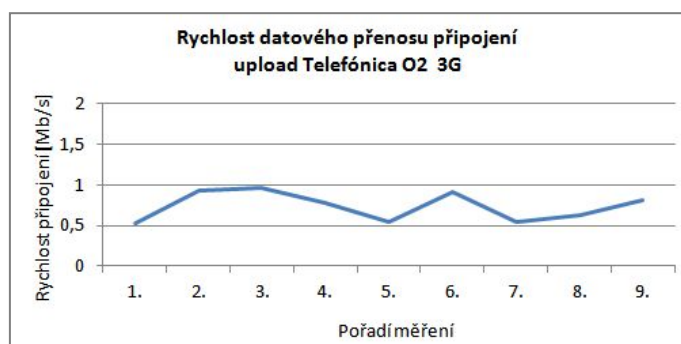
Obr. 15: Výběrová směrodatná odchylka rychlosti

Na následujících třech grafech je názorně vidět kolísání naměřených hodnot (dílních průměrů) rychlostí datových přenosů v sítích jednotlivých operátorů.



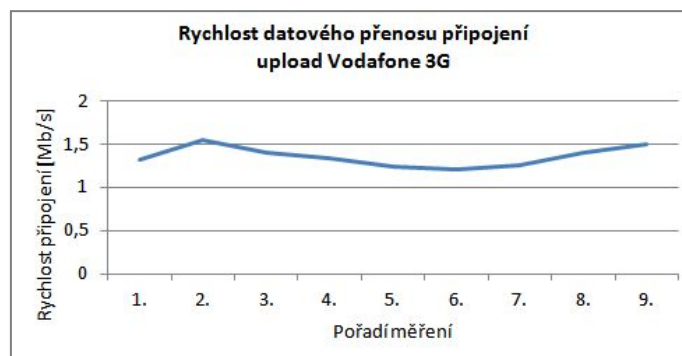
Zdroj: (Autor)

Obr. 16: Rychlost přípojení T-Mobile 3G



Zdroj: (Autor)

Obr. 17: Rychlost přípojení Telefonica O2 3G



Zdroj: (Autor)

Obr. 18: Rychlost připojení Vodafone 3G

Experimentální měření v centru Pardubic ukázalo, že průměrná rychlost datového přenosu (upload) se v sítích jednotlivých operátorů pohybuje v rozmezí $0,74 \div 1,36$ Mb/s. Výběrová směrodatná odchylka rychlosti se pohybuje v rozmezí $0,04 \div 0,18$ Mb/s.

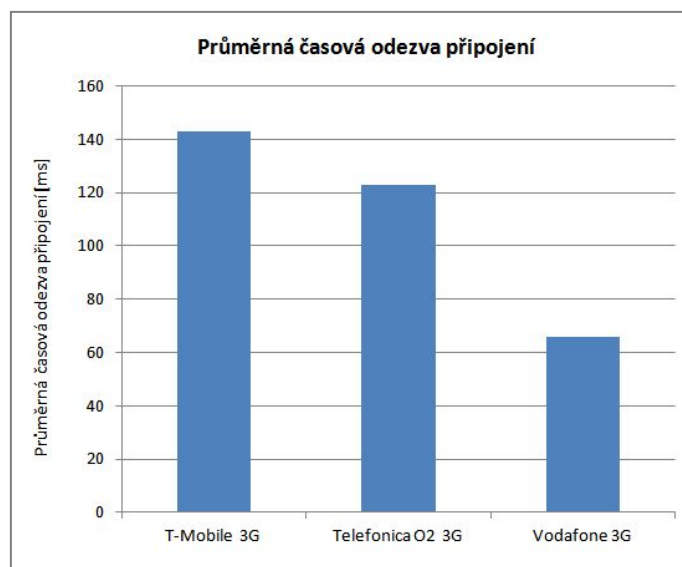
6.3 Měření latence připojení

V následující tabulce a grafech jsou uvedeny dílčí průměry naměřených hodnot latencí připojení (ms) v prostředí veřejných mobilních sítí 3G, jejich průměr a střední kvadratická odchylka.

Časová odezva připojení [ms]											
Měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Průměr	Odchylka
T-Mobile 3G	85	80	94	240	190	90	260	160	90	143	72
Telefonica O2 3G	123	125	129	120	115	120	125	122	125	123	4
Vodafone 3G	73	75	55	65	75	60	55	63	72	66	8

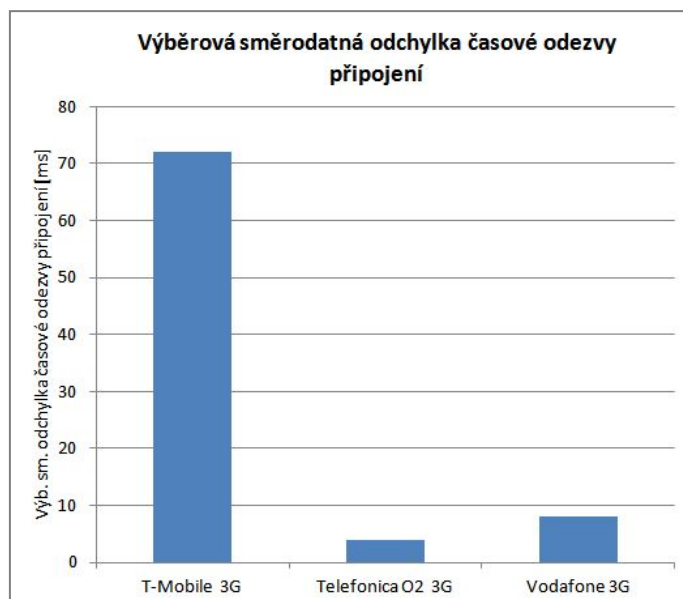
Zdroj: (Autor)

Obr. 19: Časová odezva připojení



Zdroj: (Autor)

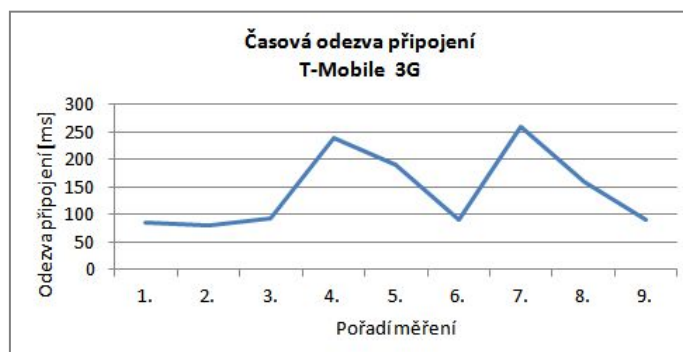
Obr. 20: Průměrná časová odezva připojení



Zdroj: (Autor)

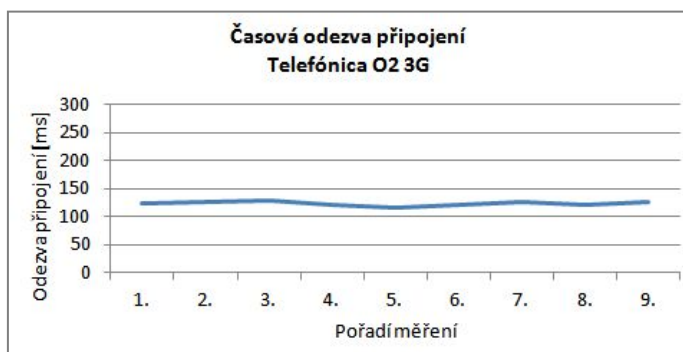
Obr. 21: Výběrová směrodatná odchylka časové odezvy

Na následujících třech grafech je názorně vidět kolísání naměřených hodnot (dílních průměrů) časových odezvy (latenci) v sítích jednotlivých operátorů.



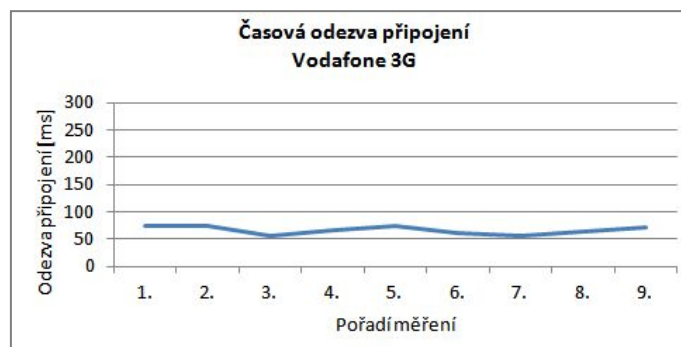
Zdroj: (Autor)

Obr. 22: Časová odezva připojení T-Mobile 3G



Zdroj: (Autor)

Obr. 23: Časová odezva připojení Telefónica O2 3G



Zdroj: (Autor)

Obr. 24: Časová odezva připojení Vodafone 3G

Experimentální měření v centru Pardubic ukázalo, že průměrná časová odezva se v sítích jednotlivých operátorů pohybuje v rozmezí $66 \div 143$ ms. Výběrová směrodatná odchylka latencí se pohybuje v rozmezí $4 \div 72$ ms.

6.4 Zhodnocení vlastností mobilních sítí 3G

U některých naměřených hodnot je zřejmé výrazné kolísání hodnot. Vysoké hodnoty střední kvadratické odchylky ukazují s největší pravděpodobností na výraznou závislost na momentálním vytížení BTS. Při měření mimo dobu plného vytížení operátorů byly tyto výchyly menší a hodnoty rychlostí přenosů dat (download/upload) větší.

Rychlosti datového přenosu a časové odezvy velmi záleží dané lokalitě. Například ve městě Karlovy Vary už v roce 2010 síť 3G operátora Vodafone umožňovala download rychlostí větší než 7 Mb/s.

ZÁVĚR

Nedostatečné pokrytí signálem 3G je v současné době největším problémem této technologie. Z map pokrytí, které jednotliví operátoři poskytují, je zřejmé, že pokrytí území signálem 3G je u všech operátorů přibližně stejné. Pokryta jsou pouze větší města ČR a jejich okolí.

Situace s pokrytím signálem LTE je ještě horší. Pokryto je pouze několik míst. Jedná se o Mladou Boleslav, Jesenici u Prahy, Kamýk a několik málo budov jako například obchodní centrum Chodov. Situace je špatná. V současné době lze hovořit o velmi pomalém rozjezdu nabízené technologie LTE.

ZKRATKY

3GPP	- The 3rd Generation Partnership Project
BTS	- Base Transceiver Station
CDMA	- code division multiple access
HSDPA	- High Speed Downlink Packet Access
HSPA	- High Speed Packet Access
HSUPA	- High Speed Uplink Packet Access

LBS	- Location Based Service
LTE	- Long Term Evolution
UMB	- Ultra Mobile Broadband
UMTS	- Universal Mobile Telecommunication System
WCDMA	- Wideband Code Division Multiple Access
ŽBPS	- železniční bezdrátová přenosová síť

POUŽITÁ LITERATURA

- (1) BEŠŤÁK, PRAVDA. České vysoké učení technické v Praze, FEL. *Sítě UMTS*. Dostupný z WWW: < <http://access.feld.cvut.cz>>.
- (2) HRSTKA, Jaroslav. *Mobilní komunikace, každodenní součást našich životů*. Dostupný z WWW: < <http://www.netguru.cz> >.
- (3) KOLÁŘ, Petr. *Využití vlastností digitálních přenosových sítí pro řízení železničního provozu*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 26/2008.
- (4) MACHÁČEK, Miloslav; ŽÁK, David. *Wireless data transmission and information security in the Czech Railways*. Internet, Competitiveness and Organisational Security in Knowledge Society XI. Annual International Conference. Tomas Bata University in Zlin, 24 - 25th March 2009. p. 41. ISBN 978-80-7318-828-3.
- (5) MÁROVEC, A., ŽÁK, David. *Železniční bezdrátová přenosová síť*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 27/2009.
- (6) PETERKA, Jiří. *LTE v ČR: jedno promile na opojení nestačí*. Dostupný z WWW: <<http://www.lupa.cz>>.
- (7) PETERKA, Jiří. *LTE: čím je a čím není*. Datum vydání 9. 10. 2012. Dostupný z WWW: <<http://www.earchiv.cz>>.
- (8) Portál ACRI. *ŽBPS: Železniční bezdrátová přenosová síť od ČD – Telematika*. Dostupný z WWW: <<http://www.acri.cz>>.
- (9) Portál ČD. *Palubní portál a připojení k internetu zdarma*. Aktualizace: 01. 02. 2013. Dostupný z WWW: <<http://www.cd.cz>>.
- (10) Portál ČD. *Internet míří do dalších expresů Českých drah*. Aktualizace: 20.12.2012. Dostupný z WWW: <<http://www.cd.cz>>.
- (11) Portál ČVUT, Fakulta dopravní, katedra řídicí techniky a telematiky. Definice dopravního řetězce. Dostupný z WWW: <<http://www.lt.fd.cvut.cz>>.
- (12) Portál Ministerstva dopravy ČR. *Dopravní informační centra*. Dostupný z WWW: < <http://www.mdcz.cz> >.
- (13) PULTZNER, Martin; POSPÍŠIL, Jan. *Vyzkoušeli jsme LTE v Mladé Boleslavi - opravdový Datan Fofrič*. Vydáno: 30. 01. 2013. Dostupný z WWW: <<http://www.lupa.cz>>.
- (14) RYSAVY RESEARCH LLC. *EDGE, HSPA and LTE Broadband innovation*. September 2008. ISBN 1-541-386-7475. Dostupný z WWW: <<http://www.rysavy.com>>.

- (15) ŠUSTR, Jiří. *GSM-R, mobilní komunikační systém pro železnici*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 20/2005.
- (16) ZELENKA, Josef; PECHANEC, Vít; BUREŠ, Vladimír; ČECH, Pavel; PONCE, Daniela. *E-Tourism v oblasti cestovního ruchu*. World Media Partners, s.r.o. , Praha 2008. 242 s. ISBN 978-80-87147-07-8.